



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 09 809 A 1**

⑤1) Int. Cl.⁶:
B 60 L 7/10

⑩ Unionspriorität: 10-71049 19.03.98 - JP

⑦ Anmelder:

14 Vertreter:
WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

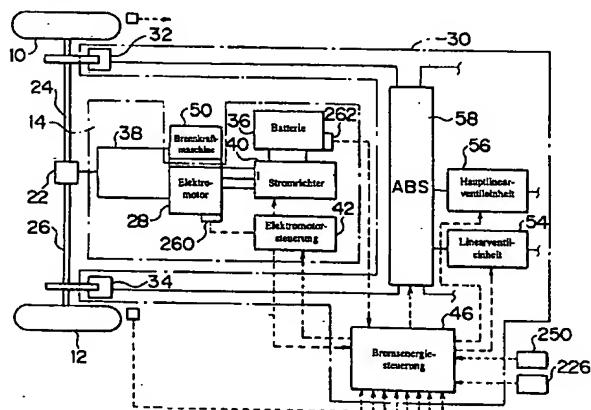
⑦2 Erfinder:

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeuges

51) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs, das mit einem Elektromotor (28) ausgestattet ist, wobei bei nicht betätigtem Bremspedal (76) eine bestimmte Bremsenergiemenge ungeachtet des Ladezustands einer Batterie erzielt werden kann. Antriebsräder (10, 12) werden durch die Antriebskraft einer Brennkraftmaschine (50) und des Elektromotors (28) angetrieben. Eine Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie steuert eine Vorrichtung (14) zur Steuerung der regenerativen Bremsenergie, die den Elektromotor steuert, sowie eine Vorrichtung (30) zur Steuerung der Reibungsbremsenergie, die den an die Radzylinder (32, 34) angelegten Hydraulikdruck steuert, und steuert dadurch die Bremsenergie bei betätigtem oder nicht betätigtem Bremspedal (76). Die Steuerung zur Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie erfolgt nicht nur bei betätigtem sondern auch bei nicht betätigtem Bremspedal (76). Dabei wird der Hydraulikdruck in den Radzylindern (32, 34) und dergleichen durch eine Linearventileinheit (54) und eine Hauptlinearventileinheit (56) in der Weise erhöht oder vermindert, daß die Reibungsbremsenergie zusammen mit der regenerativen Bremsenergie für den Bremsbetrieb genutzt wird.



DE 19909809 A 1

Beschreibung

Auf den Offenbarungsgehalt der am 19. März 1998 eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. HEI 10-71049 einschließlich der Beschreibung, der Ansprüche, der Zeichnung und der Zusammenfassung wird hiermit in vollem Umfang Bezug genommen.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines mit einem Elektromotor ausgestatteten Fahrzeugs, wobei die Fahrzeugbremskraft in Form regenerativer Bremsenergie basierend auf einem Elektromotor und anderen Formen von Bremsenergie, wie z. B. Reibungsbremsenergie, sichergestellt wird.

Als eine Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie für ein mit einem Elektromotor ausgestattetes Fahrzeug ist in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. HEI 7-99704 eine Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft eines Elektrofahrzeugs offenbart. Fig. 9 zeigt eine schematische Ansicht einer Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft eines Elektrofahrzeugs, wie sie in der offengelegten Patentanmeldung offenbart ist.

Wie es in Fig. 9 gezeigt ist, umfasst die Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft des Elektrofahrzeugs 301 ein Bremspedal 302, eine Vielzahl von Bremsmechanismen 303, ein Gaspedal 305, einen Hebel zum Schalten des Bereichs der regenerativen Bremskraft 306, eine Batterie 307 und eine Steuerungsvorrichtung 308. In Abhängigkeit vom Betätigungsgrad des Gaspedals 305 und der Stellung des Hebels zum Schalten des Bereichs der regenerativen Bremskraft 306 leitet die Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft des Elektrofahrzeugs 301 entweder durch eine hochwirksame Erregung den Antriebsbetrieb eines ersten und zweiten Elektromotors 309, 310, die koaxial geschaltet sind, oder den regenerativen Bremsbetrieb des ersten und zweiten Elektromotors 309, 310 ein. Bei einer Betätigung des Bremspedals 302 steuert die Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft des Elektrofahrzeugs 301 die Bremsmechanismen 303 unter Verwendung von Hydraulikkreisen entsprechend dem Betätigungsgrad des Bremspedals 302, wodurch Räder 312, die sich mit Wellen 313 drehen, gebremst werden.

Bei einer Betätigung des Gaspedals 305 steuert die Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft des Elektrofahrzeugs 301 das Elektrofahrzeug, indem sie den ersten und zweiten Wechselstrommotor 309, 310 auf der Basis eines Gleichstroms aus der Batterie 307 entsprechend dem Betätigungsgrad des Gaspedals 305 ansteuert. Wird das Gaspedal 305 freigegeben, erfasst die Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft des Elektrofahrzeugs 301 den Ladezustand der Batterie 307. Befindet sich die Batterie 307 in einem ladefähigen Zustand, leitet die Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft des Elektrofahrzeugs 301 den Betrieb des ersten und des zweiten Motors 309, 310 zum Zwecke der Regeneration ein. Die durch den regenerativen Betrieb der Motoren 309, 310 regenerierte Energie wird in der Batterie 307 gespeichert. Befindet sich die Batterie 307 in einem vollständig oder in einem nahezu vollständig geladenen Zustand, leitet die Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft des Elektrofahrzeugs 301 den Betrieb entweder des ersten oder des zweiten Elektromotors 309, 310 zum Zwecke der Regeneration ein. Unter Verwendung der regenerierten elektrischen Energie steuert die Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft des Elektrofahrzeugs 301 den anderen Elektromotor an und bewirkt dadurch einen regenerativen Bremsbetrieb, ohne die Batterie 307 zu laden.

Erfolgt im Fahrzustand des Fahrzeugs während eines Zustands, in dem das Bremspedal nicht betätigt wird, keine

oder nur eine leichte Betätigung des Gaspedals, so ist eine entsprechende Bremsenergiemenge erforderlich. Die herkömmliche Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft des Elektrofahrzeugs 301 erzielt eine bestimmte Bremsenergiemenge während des Zustands, in dem das Bremspedal nicht

5 betätigt wird, bloß durch eine Steuerung, bei der zunächst der Zustand, in dem das Gaspedal nicht betätigt wird, erfasst und dann nur die regenerative Bremsenergie aufgebracht wird. Daher hat die herkömmliche Steuerungsvorrichtung 10 den Nachteil, daß die verfügbare Bremsenergie auf die durch die Elektromotoren erzielbare regenerative Bremsenergiemenge beschränkt ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, während eines Zustands, in dem das Bremspedal nicht betätigt 15 wird, eine bestimmte Bremsenergiemenge zu erzielen, ohne dabei auf die durch eine Elektromotoreinheit erzielbare begrenzte regenerative Bremsenergiemenge beschränkt zu sein und diese ungeachtet des Ladezustands der Batterie zu erzielen.

20 Diese Aufgabe wird durch die erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. das erfindungsgemäße Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 5 oder 8 gelöst. Vorteilhafte Weiterentwicklungen sind Gegenstand jeweiliger Unteransprüche.

25 Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird eine Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs zur Verfügung gestellt, die eine Vorrichtung zur Steuerung der auf ein Rad des Fahrzeugs durch einen Elektromotor aufbringbaren regenerativen Bremsenergie und eine Vorrichtung zur Steuerung der durch eine Bremse erzielbaren Reibungsbremsenergie aufweist, wobei, wenn das Bremspedal nicht betätigt wird, die Reibungsbremsenergie zusätzlich zur regenerativen Bremsenergie aufbringbar ist.

Diese Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie des 30 Fahrzeugs ermöglicht somit, daß neben der durch den Elektromotor erzielten regenerativen Bremsenergie unter Einsatz der Bremse Reibungsbremsenergie erzeugt wird, wenn während eines Zustands, in dem das Bremspedal nicht betätigt ist, eine bestimmte Bremskraft erforderlich ist. Normaler-

40 weise variiert die unter Einsatz des Elektromotors aufnehmbare regenerative Bremsenergiemenge in Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie. Gemäß dieser Erfindung kann jedoch für den Fall, daß die unter Einsatz des Elektromotors aufnehmbare regenerative Bremsenergiemenge im Hinblick 45 auf die erforderliche Bremsenergiemenge nicht ausreicht, unter Einsatz der Bremse zusätzlich eine Reibungsbremseenergiemenge hinzugefügt werden. Daher ist die erfindungsgemäße Steuerungsvorrichtung in der Lage, unabhängig vom Ladezustand der Batterie die erforderliche Bremsenergiemenge zuverlässig zur Verfügung zu stellen, ohne dabei durch die Begrenzung im Hinblick auf die durch den Elektromotor erzielbare regenerative Bremsenergie eingeschränkt zu sein.

50 Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie des Fahrzeugs kann ferner eine Vorrichtung zur Steuerung einer durch eine Brennkraftmaschinenbremse erzielbaren Brennkraftmaschinenbremsenergie aufweisen, wobei, wenn das Bremspedal nicht betätigt wird, zusätzlich zur regenerativen Bremsenergie die Reibungsbremsenergie und/ 55 oder die Brennkraftmaschinenbremsenergie zur Verfügung gestellt werden kann. Dadurch läßt sich derselbe Vorteil erzielen, wie er vorstehend angesprochen worden ist.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein 60 Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs zur Verfügung gestellt, gemäß dem die durch einen Elektromotor auf ein Rad des Fahrzeugs aufbringbare regenerative Bremsenergie gesteuert wird, die durch eine Bremse erzielbare Reibungsbremsenergie gesteuert wird, und die Rei-

bungsbremsenergie, wenn das Bremspedal nicht betätigt wird, zusätzlich zur regenerativen Bremsenergie aufbringbar ist.

Gemäß diesem Verfahren kann, wenn das Bremspedal nicht betätigt wird, eine bestimmte Bremsenergie eingestellt werden und Reibungsbremsenergie und/oder Brennkraftmaschinenbremsenergie die regenerative Bremsenergie ergänzen, um die bestimmte Bremsenergie zu erzielen.

Durch dieses Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs ist es möglich, neben der unter Einsatz des Elektromotors erzielten regenerativen Bremsenergie unter Einsatz der Bremse Reibungsbremsenergie aufzubringen, wenn eine bestimmte Bremskraft erforderlich ist, während das Bremspedal nicht betätigt ist. Da unter Einsatz des Elektromotors die maximale regenerative Bremsenergiemenge in der Batterie bis zu deren Kapazitätsgrenze gespeichert wird, kann ferner der für den Betrieb des Fahrzeugs erforderliche Energieverbrauch gesenkt werden. Normalerweise variiert die unter Einsatz des Elektromotors aufnehmbare regenerative Bremsenergiemenge in Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie. Erfahrungsgemäß kann jedoch für den Fall, daß die unter Einsatz des Elektromotors aufnehmbare regenerative Bremsenergiemenge im Hinblick auf die erforderliche Bremsenergiemenge nicht ausreicht, zusätzlich Reibungsbremsenergiemenge basierend auf einer Bremse und/oder Brennkraftmaschinenbremsenergiemenge hinzugegeben werden. Daher kann durch das erfahrungsgemäß Verfahren unabhängig vom Ladezustand der Batterie zuverlässig die erforderliche Bremsenergiemenge zur Verfügung gestellt werden, ohne dabei durch die Begrenzung im Hinblick auf die durch den Elektromotor erzielbare regenerative Bremsenergie eingeschränkt zu sein.

Nachstehend erfolgt eine kurze Beschreibung der Zeichnungen, in denen ähnliche Bezugszeichen ähnliche Elemente darstellen. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Ansicht einer Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine schematische Ansicht eines Hydraulikkreises einer Vorrichtung zur Steuerung der Reibungsbremsenergie als Bestandteil der in den Fig. 1 und 2 gezeigten Vorrichtungen zur Steuerung der Bremsenergie des Fahrzeugs;

Fig. 4A und 4B eine Schnittansicht einer Linearventileinheit bzw. einer Hauptlinearventileinheit als Bestandteile der in Fig. 3 gezeigten Vorrichtung zur Steuerung der Reibungsbremsenergie;

Fig. 5 ein Flußdiagramm, das einen Teil eines Programms zur Steuerung der Koordination der regenerativen Brennkraftenergie und der Reibungsbremskraftenergie veranschaulicht, das im ROM einer Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie als Bestandteil der Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie des Fahrzeugs gemäß der ersten Ausführungsform gespeichert ist;

Fig. 6 ein Flußdiagramm, das einen Teil eines Programms zur Steuerung der Koordination der regenerativen Brennkraftenergie und der Reibungsbremskraftenergie veranschaulicht, das im ROM einer Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie als Bestandteil der Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie des Fahrzeugs gemäß der zweiten Ausführungsform gespeichert ist;

Fig. 7 ein Diagramm, das die Aufteilung der Bremsenergie auf regenerative Bremsenergie und Reibungsbremsenergie in Abhängigkeit vom Ladezustand einer Batterie in der Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie des Fahrzeugs gemäß der ersten Ausführungsform angibt;

Fig. 8 ein Diagramm, das die Aufteilung der Bremsenergie auf regenerative Bremsenergie, Brennkraftmaschinenbremsenergie und Reibungsbremsenergie in Abhängigkeit vom Ladezustand einer Batterie in der Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie des Fahrzeugs gemäß der zweiten Ausführungsform angibt; und

Fig. 9 eine schematische Ansicht einer herkömmlichen Vorrichtung zur Steuerung der Antriebskraft für ein Elektrofahrzeug.

Unter Bezugnahme auf die bevorzugten Ausführungsformen erfolgt nun eine ausführliche Beschreibung der vorliegenden Erfindung.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Obwohl gemäß Fig. 1 das Fahrzeug ein Hybridfahrzeug ist, dessen Antrieb durch eine Brennkraftmaschine 50 und einen Elektromotor 28 erfolgt, ist die erste Ausführungsform nicht auf ein Hybridfahrzeug beschränkt. Die erste Ausführungsform kann ebenso für ein nur durch einen Elektromotor angetriebenes Elektrofahrzeug, ein nur durch eine Brennkraftmaschine angetriebenes und mit einem Elektromotor zu einem anderen Zweck als zum Antrieb aus gestattetes Fahrzeug oder der gleichen verwendet werden.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Fahrzeug fungieren die Vorderräder 10, 12 als Antriebsräder. Die erste Ausführungsform der Erfindung wird demnach für ein Fahrzeug mit frontseitiger Brennkraftmaschine und Frontantrieb (ein FF-Fahrzeug) verwendet. Die Erfindung kann jedoch auch für ein Fahrzeug mit frontseitiger Brennkraftmaschine und Heckantrieb (ein FR-Fahrzeug), ein Fahrzeug mit Vierradantrieb und dergleichen verwendet werden.

Wie es aus Fig. 1 ersichtlich ist, erfolgt der Antrieb der Räder 10, 12 durch die Brennkraftmaschine 50 und/oder den Elektromotor 28. Die Antriebskraft von der Brennkraftmaschine 50 und/oder dem Elektromotor 28 wird im besonderen über ein Getriebe 38 auf ein Differentialgetriebe 22 übertragen und anschließend auf die mit dem linken bzw. rechten Rad 10, 12, in Verbindung stehende linke bzw. rechte Antriebswelle 24, 26 aufgeteilt. Eine Elektroantriebsvorrichtung 14 ist vorgesehen, die die Antriebskraft des Elektromotors 28 steuert. Die Elektroantriebsvorrichtung 14 fungiert zudem als eine Vorrichtung zur Steuerung der regenerativen Bremsenergie, die durch Regeneration von Bremsenergie durch den Elektromotor 28 auf die Räder 10, 12 eine regenerative Bremsenergie aufbringt. Die Elektroantriebsvorrichtung 14 wird hierin nachstehend als "Vorrichtung 14 zur Steuerung der regenerativen Bremsenergie" bezeichnet.

Das Fahrzeug ist des weiteren mit einer Vorrichtung 30 zur Steuerung der Reibungsbremsenergie ausgestattet, die die Reibungsbremsenergie auf Flüssigkeits- bzw. Hydraulikdruckbasis steuert. Bremsklötze als Reibungsbauteile werden durch einen auf Radzyylinder 32, 34 übertragenen Flüssigkeits- bzw. Hydraulikdruck reibschlüssig mit Drehbauteilen als Bremsdrehkörper, die sich mit den Rädern 10, 12 drehen, in Eingriff gebracht, wodurch die Bremsung der Räder 10, 12 erfolgt. Die durch die Vorrichtung 30 zur Steuerung der Reibungsbremsenergie erzielte Reibungsbremsenergie und die durch die Vorrichtung 14 zur Steuerung der regenerativen Bremsenergie erzielte regenerative Bremsenergie, d. h. die gesamte Bremsenergie, werden durch eine Bremsenergiesteuerung 46 gesteuert und auf die Räder 10, 12 übertragen, um die Drehzahl der Räder 10, 12 zu senken.

Die Vorrichtung 14 zur Steuerung der regenerativen Bremsenergie umfaßt den Elektromotor 28, eine Batterie 36, das Getriebe 38, einen Stromrichter 40, einen Elektromotor-

steuerung 42 und dergleichen. Der Elektromotor 28 wird mit einem aus Gleichstrom von der Batterie 36 durch den Stromrichter 40 umgewandelten Wechselstrom versorgt, um eine Antriebskraft zum Antrieb der Räder 10, 12 zu erzeugen. In bestimmten Situationen wird das Fahrzeug daher entweder nur über die Antriebskraft durch den Elektromotor 28 oder über die Antriebskraft durch die Brennkraftmaschine 50 angetrieben; in anderen Situationen wird das Fahrzeug sowohl über die Antriebskraft durch den Elektromotor 28 als auch über die Antriebskraft durch die Brennkraftmaschine 50 angetrieben. Stellt sich während der Fahrt des Fahrzeugs ein Zustand ein, in dem durch die Räder 10, 12 eine Drehung der Antriebswelle des Elektromotors 28 erzwungen wird, erzeugt der Elektromotor 28 eine regenerative elektromotorische Kraft. Wird die Batterie 36 dadurch geladen, fungiert der Elektromotor 28 als eine Last und sieht daher eine regenerative Bremsenergie vor, durch die die Räder 10, 12 mit einer Bremskraft beaufschlagt werden. Der Stromrichter 40 umfaßt einen Wechselrichter und dergleichen. Der Stromrichter 40 wird durch die Elektromotorsteuerung 42 gesteuert. Durch die Stromsteuerung über den Wechselrichter wird die durch den Elektromotor 28 erzielte Antriebsenergiemenge und die regenerative Bremsenergiemenge gesteuert, wodurch sich die Antriebskraft und Bremskraft auf die Räder 10, 12 steuern läßt.

Die Vorrichtung 30 zur Steuerung der Reibungsbremsenergie umfaßt die Radzylinder 32, 34 der Räder 10, 12, die Bremsenergiesteuerung 46, eine Hauptlinearventileinheit 56, eine Linearventileinheit 54 und ein Antiblockierbremsystem (ABS) 58. Die Vorrichtung 30 zur Steuerung der Reibungsbremsenergie umfaßt des weiteren Radzylinder 64, 66 von Hinterrädern 60, 62, einen Hauptzylinder 68, eine Konstantdruckquelle 70 und dergleichen, wie es aus Fig. 3 ersichtlich ist. Die Bremsenergiesteuerung 46 führt durch eine geeignete Aufteilung der Bremsenergie auf die regenerative Bremsenergie und die Reibungsbremsenergie eine Steuerung der Bremsenergie durch.

Wie es in Fig. 3 gezeigt, weist der Hauptzylinder 68 Druckkammern 72, 74 auf, in denen jeweils in Abhängigkeit von der Betätigungsstufe auf ein Bremspedal 76 ein Flüssigkeits- bzw. Hydraulikdruck erzeugt wird. Von den beiden Druckkammern steht die eine Druckkammer 72 über eine Hydraulikleitung 80 mit den Radzylindern 32, 34 der Antriebsräder 10, 12 in Verbindung; die andere Druckkammer 74 steht über eine Hydraulikleitung 82, die Hauptlinearventileinheit 56 und die Linearventileinheit 54 mit den Radzylindern 64, 66 der Hinterräder 60, 62 in Verbindung. Die Konstantdruckquelle 70 umfaßt einen Hauptzylinderausgleichsbehälter 84, eine Pumpe 85, einen Speicher 86 und dergleichen. Durch die Pumpe 85 wird Flüssigkeit bzw. Hydraulikfluid aus dem Hauptzylinderausgleichsbehälter 84 angesaugt und im Speicher 86 gespeichert. Der Speicher 86 hat zwei Druckschalter 87, 88, die einen Hydraulikdruckanstieg auf oder über einen oberen Grenzdruck im Speicher 86 und einen Hydraulikdruckabfall auf oder unter einen unteren Grenzdruck im Speicher 86 erfassen. Die Pumpe 85 wird entsprechend des EIN- und AUS-Zustands der Druckschalter 87, 88 unter Hysterese in Betrieb genommen bzw. angehalten, wodurch der Hydraulikdruck im Speicher 86 ständig innerhalb eines bestimmten Druckbereichs gehalten wird. Die Konstantdruckquelle 70 steht mit der Druckkammer 74 des Hauptzylinders 68 in Verbindung. In Abhängigkeit von der Betätigungsstufe des Bremspedals 76 wird Hydraulikfluid aus der Konstantdruckquelle 70 in die Druckkammer 74 geliefert.

In einem Abschnitt der Hydraulikleitung 80 sind Schalt-solenoidventile 90, 92 vorgesehen. Durch Öffnen und Schließen der Schalt-solenoidventile 90, 92 werden die Rad-

zylinder 32, 34 mit dem Hauptzylinder 68 in Verbindung gebracht bzw. wird die Verbindung zwischen den Radzylindern 32, 34 und dem Hauptzylinder 68 unterbrochen. Die Verbindung zwischen den Radzylindern 32, 34 und dem Hauptzylinder 68 wird während einer Steuerung zur Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie, einer Antiblockierregelung oder dergleichen unterbrochen.

In einem Abschnitt einer Hydraulikleitung 93, die die Radzylinder 32, 34 mit dem Hauptzylinderausgleichsbehälter 84 verbindet, sind Schalt-solenoidventile 94, 96 als Druckabbauveventile vorgesehen. Wenn die Schalt-solenoidventile 94, 96 geöffnet werden, werden die Radzylinder 32, 34 mit dem Hauptzylinderausgleichsbehälter 84 in Verbindung gebracht, wodurch der Hydraulikdruck in den Radzylindern 32, 34 und dementsprechend die auf dem Hydraulikdruck basierende Bremskraft abnimmt.

In einem Abschnitt einer Hydraulikleitung 98, die die Radzylinder 32, 34 mit der Hauptlinearventileinheit 56 und der Linearventileinheit 54 in Verbindung bringt, sind Schalt-solenoidventile 100, 102 als Druckaufbauventile vorgesehen. Wenn während eines normalen Bremsbetriebs oder während eines Zustands, in dem das Bremspedal 76 nicht betätigt wird, die Steuerung zur Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie stattfindet, werden die Schalt-solenoidventile 100, 102 im geöffneten Zustand gehalten, um die Verbindung zwischen den Radzylindern 32, 34 und der Kombination aus der Hauptlinearventileinheit 56 und der Linearventileinheit 54 aufrechtzuerhalten. In Umleitungen um die Solenoidventile 100, 102 sind jeweils ein Rückschlagventil 104, 106 vorgesehen. Die Rückschlagventile 104, 106 ermöglichen eine Hydraulikfluidströmung von den Radzylindern 32, 34 zur Hauptlinearventileinheit 56 und Linearventileinheit 54, verhindern jedoch eine Hydraulikfluidströmung in die entgegengesetzte Richtung. Wenn das Bremspedal 76 nach einer Betätigung freigegeben wird, bewirken die Rückschlagventile 104, 106 daher einen raschen Rückstrom von Hydraulikfluid aus den Radzylindern 32, 34. In einem Abschnitt der Hydraulikleitung 98, die die Hauptlinearventileinheit 56 und die Linearventileinheit 54 mit den Schalt-solenoidventilen 100, 102 verbindet, ist ein Schalt-solenoidventil 108 vorgesehen. Das Schalt-solenoidventil 108 wird beispielsweise während der Steuerung zur Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie oder während der Antiblockierregelung in Bezug auf die Räder 10, 12 geöffnet.

Die Hauptlinearventileinheit 56 ist in einem Verbindungsabschnitt zwischen der Hydraulikleitung 82 und der Hydraulikleitung 98 angeordnet. Die Linearventileinheit 54 ist in einem Verbindungsabschnitt zwischen der Hydraulikleitung 89 von der Konstantdruckquelle 70 und der Hydraulikleitung 98 angeordnet. Zwischen den Radzylindern 64, 66 und der Kombination aus der Hauptlinearventileinheit 56 und der Linearventileinheit 54 ist ein Schalt-solenoidventil 110 als ein Druckaufbauventil vorgesehen. In einer Umleitung um das Schalt-solenoidventil 110 ist ein Rückschlagventil 112 vorgesehen. Das Rückschlagventil 112 ermöglicht eine Hydraulikfluidströmung aus den Radzylindern 64, 66 zur Hauptlinearventileinheit 56 und Linearventileinheit 54, verhindert jedoch eine Hydraulikfluidströmung in die entgegengesetzte Richtung. In einem Abschnitt einer Hydraulikleitung 114, die die Radzylinder 64, 66 mit dem Hauptzylinderausgleichsbehälter 84 verbindet, ist ein Schalt-solenoidventil 116 als ein Druckabbauveventil vorgesehen. Zwischen dem Schalt-solenoidventil 110 und den Radzylindern 64, 66 ist ein Druckverhältnisventil 118 vorgesehen. Dank des Druckverhältnisventils 118 wird der Hydraulikdruck in den Radzylindern 64, 66 der Hinterräder 60, 62

nicht größer als der Hydraulikdruck in den Radzyldern 32, 34 der Vorderräder 10, 12.

An die Hydraulikleitung 82 zwischen der Hauptlinearventileinheit 56 und dem Hauptzylinder 68 ist ein Hydraulikdrucksensor 122 angeschlossen. Zwischen dem Schaltsolenidventil 108 und der Kombination aus der Hauptlinearventileinheit 56 und der Linearventileinheit 54 ist ein weiterer Hydraulikdrucksensor 124 angeschlossen. In einem Abschnitt der Hydraulikleitung 98 ist ein weiterer Hydraulikdrucksensor 132 angeschlossen. Der Hydraulikdrucksensor 132 ist vorgesehen, um einen Defekt des Hydraulikdrucksensors 124 zu erfassen. Wenn das Ausgangssignal des Hydraulikdrucksensors 132 und das Ausgangssignal des Hydraulikdrucksensors 124 während eines Zustands, in dem das Schaltsolenidventil 108 geöffnet ist, stark voneinander abweichen, wird bestimmt, daß der Hydraulikdrucksensor 124 defekt ist.

Die Fig. 4A und 4B zeigen die Linearventileinheit 54 bzw. die Hauptlinearventileinheit 56. Da die beiden Einheiten im wesentlichen denselben Aufbau aufweisen und in derselben Weise arbeiten, erfolgt die nachstehende Beschreibung hauptsächlich in Bezug auf die Linearventileinheit 54, die in Fig. 4A gezeigt ist. Diejenigen Bauteile der Hauptlinearventileinheit 56 in Fig. 4B, die mit jenen der Linearventileinheit 54 in Fig. 4A vergleichbar sind, sind mit ähnlichen Bezeichnungen bezeichnet, wobei jedoch das Suffix "a" in Fig. 4A in Fig. 4B durch "b" ersetzt ist. Die Beschreibung der Hauptlinearventileinheit 56 wird auf diejenigen Merkmale beschränkt, die die Hauptlinearventileinheit 56 von der Linearventileinheit 54 unterscheiden.

Ein Druckabbausteuerventil der Linearventileinheit 54 umfaßt ein als ein Druckaufbausteuerventil vorgesehenes Druckaufbaulinearventil 150a, ein als ein Druckabbausteuerventil vorgesehenes Druckabbaulinearventil 152a, einen Druckabbauspeicher 154a, ein Schaltsolenidventil 156a und ein Rückschlagventil 158a. Das Druckaufbaulinearventil 150a ist an die Hydraulikleitung 89 angeschlossen, die von der Konstantdruckquelle 70 ausgeht. Das Druckabbaulinearventil 152a ist in einem Abschnitt einer Hydraulikleitung 160a, die das Druckaufbaulinearventil 150a mit dem Druckabbauspeicher 154a verbindet, angeordnet. Die Hydraulikleitung 160a ist des weiteren mit der Radzylindersseite verbunden. Das Schaltsolenidventil 156a ist in einem Abschnitt einer Hydraulikleitung 162a, die vom Hauptzylderausgleichsbehälter 84 ausgeht, angeordnet. Das Schaltsolenidventil 156a verhindert im Normalfall eine Hydraulikfluidströmung aus dem Druckabbauspeicher 154a zum Hauptzylderausgleichsbehälter 84. Wenn jedoch die an das Druckaufbaulinearventil 150a angelegte Spannung auf "0" reduziert wird, wird das Schaltsolenidventil 156a unmittelbar eingeschaltet, wodurch es eine Hydraulikfluidströmung aus dem Druckabbauspeicher 154a zum Hauptzylderausgleichsbehälter 84 und dadurch einen Abbau von Hydraulikdruck im Druckabbauspeicher 154a ermöglicht. Das Rückschlagventil 158a ist in einem Abschnitt einer Umleitung um das Druckabbaulinearventil 152a angeordnet. Das Rückschlagventil 158a ermöglicht eine Hydraulikfluidströmung aus dem Druckabbauspeicher 154a zum Schaltsolenidventil 156a, verhindert jedoch eine Hydraulikfluidströmung in die entgegengesetzte Richtung.

Das Druckaufbaulinearventil 150a besteht im wesentlichen aus einem Sitzventil 190a und einer elektromagnetischen Antriebsvorrichtung 194a. Das Sitzventil 190a umfaßt ein Ventil 200a, einen Ventilsitz 202a, einen mit dem Ventil 200a bewegbaren elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a und eine Feder 206a, die einen Druck auf den elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a ausübt, der so gerichtet ist, daß das Ventil 200a auf dem Ventilsitz 202a

sitzt. Die elektromagnetische Antriebsvorrichtung 194a umfaßt ein Solenoid 210a, einen aus Kunsthars hergestellten Träger 212a, der das Solenoid 210a trägt, ein erstes Magnetpfadausbildungsteil 214a und ein zweites Magnetpfadausbildungsteil 216a. Wenn an die beiden Enden der Spule des Solenoids 210a eine Spannung angelegt wird, so daß durch die Spule Strom fließt, wird ein Magnetfeld erzeugt. Mit einer Änderung der an die Spule des Solenoids 210 angelegten Spannung ändert sich die Magnetkraft zwischen dem elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a und dem zweiten Magnetpfadausbildungsteil 216a. An dem dem zweiten Magnetpfadausbildungsteil 216a zugewandten Ende des elektromagnetisch angetriebenen Körpers 204a ist ein Paßvorsprung 220a ausgebildet. An dem dem elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a zugewandten Ende des zweiten Magnetpfadausbildungssteils 216a ist eine Paßaussparung 222a in der Weise ausgebildet, daß der Paßvorsprung 220a des elektromagnetisch angetriebenen Körpers 204a in Richtung der Achse der Paßaussparung 222a und des Paßvorsprungs 220a relativ zur Paßaussparung 222a beweglich in die Paßaussparung 222a paßt. In der Paßaussparung 222a ist die Feder 206 angeordnet.

Wenn an das Solenoid 210a eine Spannung angelegt wird, wird ein magnetischer Kreis gebildet, der sich vom Solenoid 210a aus über das erste Magnetpfadausbildungsteil 214a, den elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a, das zweite Magnetpfadausbildungsteil 216a und das erste Magnetpfadausbildungsteil 214a zurück zum Solenoid 210a erstreckt. Der magnetische Widerstand im magnetischen Kreis zwischen dem elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a und dem zweiten Magnetpfadausbildungsteil 216a ändert sich in Abhängigkeit von der Relativstellung des elektromagnetisch angetriebenen Körpers 204a gegenüber dem zweiten Magnetpfadausbildungsteil 216a in Achsrichtung. Wenn sich die Relativstellung des elektromagnetisch angetriebenen Körpers 204a gegenüber dem zweiten Magnetpfadausbildungsteil 216a in Achsrichtung ändert, ändert sich der Flächeninhalt eines Abschnitts der Zylinderfläche des Paßvorsprungs 220a (eines Abschnitts der Außenumfangsfläche des Paßvorsprungs 220a) des elektromagnetisch angetriebenen Körpers 204a und eines Abschnitts der Zylinderfläche der Paßaussparung 222a (eines Abschnitts der Innenumfangsfläche der Paßaussparung 222a) des zweiten Magnetpfadausbildungssteils 216a, die einander in einem kleinen Abstand gegenüberliegen (d. h. der Flächeninhalt der Überdeckungsflächen). Lägen die Stirnfläche des elektromagnetisch angetriebenen Körpers 204a und die Stirnfläche des zweiten Magnetpfadausbildungssteils 216a in einem kleinen Abstand gegenüber, würde der Magnetwiderstand in Abhängigkeit von einer Abnahme des Abstands zwischen dem elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a und dem zweiten Magnetpfadausbildungsteil 216a in Achsrichtung, d. h. in Abhängigkeit von einer Annäherung der beiden Bauteile, zunehmend kleiner und dementsprechend die Magnetkraft zwischen dem elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a und dem zweiten Magnetpfadausbildungsteil 216a zunehmend größer werden. Im Druckaufbaulinearventil 150a dieser Ausführungsform wird bei einer Annäherung des elektromagnetisch angetriebenen Körpers 204a an das zweite Magnetpfadausbildungsteil 216a jedoch nur der Flächeninhalt der Überdeckungsflächen des Paßvorsprungs 220a und der Paßaussparung 222a größer, so daß der durch die Überdeckungsflächen gehende magnetische Fluß zunimmt und der durch den Luftspalt zwischen der Stirnfläche des elektromagnetisch angetriebenen Körpers 204a und der Stirnfläche des zweiten Magnetpfadausbildungssteils 216a gehende magnetische Fluß abnimmt. Wenn die an das Solenoid 210a angelegte Spannung gleich bleibt, bleibt daher

die Magnetkraft, die auf den elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a einen Druck in Richtung hin zum zweiten Magnetpfadausbildungsteil 216a ausübt, im wesentlichen konstant, und zwar ungeachtet der Relativbewegung zwischen dem elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a und dem zweiten Magnetpfadausbildungsteil 216a in Achsrichtung. Dagegen wird die Kraft der Feder 206a, die den elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a weg drückt, bei einer Annäherung des elektromagnetisch angetriebenen Körpers 204a an das zweite Magnetpfadausbildungsteil 216a größer. Solange das Ventil 200a keine auf einer Hydraulikdruckdifferenz basierende Kraft erfährt, ist die Bewegung des elektromagnetisch angetriebenen Körpers 204a zum zweiten Magnetpfadausbildungsteil 216a hin dann zu Ende, wenn die Magnetkraft so groß ist wie die Kraft der Feder 206a.

Die Größe der Magnetkraft, die auf den elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a einen Druck ausübt, der so gerichtet ist, daß sich der elektromagnetisch angetriebene Körper dem zweiten Magnetpfadausbildungsteil 216a nähert, nimmt mit einer Zunahme der an die Spule des Solenoids 210a angelegten Spannung zu. Die Beziehung zwischen der angelegten Spannung und der erzeugten Magnetkraft läßt sich im voraus bestimmen. Daher läßt sich die Kraft, die auf den elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a einen Druck ausübt, nach Belieben verändern, indem die angelegte Spannung kontinuierlich entsprechend der Beziehung geändert wird. Eine Erhöhung der angelegten Spannung führt zu einer Erhöhung der Magnetkraft und daher zu einer Verminderung der Kraft, die so gerichtet ist, daß sie das Ventil 200a gegen den Ventilsitz 202a drückt, wodurch eine Beabstandung des Ventils 200a vom Ventilsitz 202a vereinfacht wird. Wenn die auf das Ventil 200a aufgrund des Hydraulikfluiddifferenzdrucks (aufgrund der Differenz zwischen dem Hydraulikdruck in der Hydraulikleitung 89 und dem Hydraulikdruck in der Hydraulikleitung 160a) wirkende Kraft größer wird als die Kraft, die auf den elektromagnetisch angetriebenen Körper 204a wirkt (die resultierende Kraft aus der Magnetkraft und der Kraft der Feder 206a), löst sich das Ventil 200a vom Ventilsitz 202a. Durch eine Erhöhung der angelegten Spannung läßt sich daher das Druckabbaulinearventil 150a selbst bei einem kleinen Differenzdruck öffnen. Der erforderliche Ventilöffnungsdruck wird dadurch gesenkt; der Druck des durch die Hydraulikleitung 160a strömenden Fluids wird erhöht (d. h., daß der Differenzdruck abnimmt).

Das Druckabbaulinearventil 152a entspricht im wesentlichen dem Druckabbaulinearventil 150a. D. h., daß eine Erhöhung der an die Spule des Druckabbaulinearventils 152a angelegten Spannung zu einer Senkung des zum Öffnen des Druckabbaulinearventils 152a erforderlichen Drucks und daher zu einer Verminderung des Hydraulikdrucks in der Hydraulikleitung 160a führt. Diejenigen Bauteile und Abschnitte des Druckabbaulinearventils 152a, die jenen des Druckabbaulinearventils 150a entsprechen, sind in Fig. 4A mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und werden daher nicht noch einmal erläutert.

In der Vorrichtung 30 zur Steuerung der Reibungsbremsenergie dieser Ausführungsform ist der dem Druckabbaulinearventil 152a zugeführte Hydraulikdruck maximal so groß wie der Hydraulikdruck, der durch die Pumpe 85 zur Verfügung gestellt wird oder im Speicher 86 vorherrscht. Daher kommt es praktisch nicht vor, daß der Hydraulikdruck größer wird als der maximale Hydraulikdruck, so daß Hydraulikfluid über das Druckabbaulinearventil 152a in den Druckabbauspeicher 154a strömt. Die im Druckabbauspeicher 154a gespeicherte Hydraulikfluidmenge strömt nach dem Betrieb über das Rückschlagventil 158a, die Hydraulik-

leitung 160a, die Hydraulikleitung 162a und das Schaltsolenoventil 156a zum Hauptzylinderausgleichsbehälter 84 zurück.

Die Hydraulikleitung 80 ist mit einem Hydraulikdrucksensor 226 versehen, wie es in Fig. 3 gezeigt ist, um den Hydraulikdruck im Hauptzylinder 68 zu erfassen. Die Hydraulikleitung 80 ist des weiteren mit einem Hubimulator 228 versehen, der das Eintreten einer Situation, in der, wenn beide Schaltsolenoventile 90, 92 geschlossen sind, das Bremspedal 76 nicht betätigt werden kann und daher im wesentlichen kein Hub erfolgt, verhindert. Das Bremspedal 76 ist mit einem Bremschalter 250 versehen, der eine Betätigung des Bremspedals 76 erfäßt. Raddrehzahlsensoren 252, 254, 256, 258 sind vorgesehen, um die Drehzahl der Räder 10, 12, 60 bzw. 62 zu erfassen. Auf der Basis der Ausgangssignale dieser Sensoren läßt sich der Bremschlupfzustand erfassen oder die abgeschätzte Fahrzeuggeschwindigkeit ermitteln.

Die an das Solenoid 210a des Druckabbaulinearventils 150a oder das Solenoid 210a des Druckabbaulinearventils 152a in der Linearventileinheit 54 angelegte Spannung wird so bestimmt, daß der durch den Hydraulikdrucksensor 124 erfaßte Hydraulikdruck gleich dem Hydraulikdruck wird, der die nachstehend erläuterte Reibungsbremsenergie vorsieht. Wenn die an das Solenoid 210a des Druckabbaulinearventils 150a angelegte Spannung derart erhöht wird, daß sich das Ventil 200a weit vom Ventilsitz 202a entfernt, nimmt der durch den Hydraulikdrucksensor 124 erfaßte Hydraulikdruck zu. Im Gegensatz dazu führt eine Erhöhung der an das Solenoid 210a des Druckabbaulinearventils 152a angelegten Spannung zu einer Verminderung des durch den Hydraulikdrucksensor 124 erfaßten Hydraulikdrucks.

Mit dem vorstehend beschriebenen Aufbau der Linearventileinheit 54 ist die Bremsenergiesteuerung 46 in der Lage, den an die Radzylinder 32, 34, 64, 66 angelegten Hydraulikdruck im wesentlichen linear zu ändern, indem sie der Vorrichtung 30 zur Steuerung der Reibungsbremsenergie den Befehl erteilt, die an die Linearventileinheit 54 angelegte Spannung entsprechend zu ändern.

Unter Bezugnahme auf Fig. 4B erfolgt nun eine kurze Beschreibung der Hauptlinearventileinheit 56. Die Hauptlinearventileinheit 56 unterscheidet sich von der Linearventileinheit 54 darin, daß daß Druckabbaulinearventil 150b an die Hydraulikleitung 82, die sich vom Hauptzylinder 68 aus erstreckt, angeschlossen ist, und darin, daß die Hydraulikleitung 160b und die Rückstrom-Hydraulikleitung 162b auf Radzyllinderseite über ein Rückschlagventil 156b an die Hydraulikleitung 82 angeschlossen sind. Das Rückschlagventil 156b verhindert eine Hydraulikfluidströmung vom Hauptzylinder 68 über die Hydraulikleitung 82 zu den Radzyllindern, ermöglicht jedoch eine Hydraulikfluidströmung in die entgegengesetzte Richtung. Im Anschluß an einen Bremsbetrieb auf Hydraulikdruckbasis strömt daher die im Druckabbauspeicher 154b gespeicherte Hydraulikfluidmenge über das Rückschlagventil 158b, die Hydraulikleitung 160b, die Hydraulikleitung 162b, das Rückschlagventil 156b, die Hydraulikleitung 82 und den Hauptzylinder 68 zum Hauptzylinderausgleichsbehälter 84 zurück.

Die Bremsenergiesteuerung 46 und die Elektromotorsteuerung 42 bestehen im wesentlichen aus einem Computer, der mit einem Festwertspeicher (ROM), einem Direktzugriffspeicher (FAM), einer Verarbeitungseinheit (PU) und dergleichen ausgerüstet ist. Ein Input-Abschnitt der Bremsenergiesteuerung 46 ist mit den Hydraulikdrucksensoren 122, 124, 226, einer Ladestandserfassungsvorrichtung 262 zum Erfassen der Ladekapazität der Batterie 36 und dergleichen verbunden. Ein Output-Abschnitt der Bremsenergiesteuerung 46 ist über (nicht gezeigte) Schalt-

kreise mit den Schaltventilen 90, 92, 94, 96, 100, 102, 108, 110, 116, den Solenoiden 210a, 210b der Linearventileinheit 54 und der Hauptlinearventileinheit 56 und dergleichen verbunden. Im ROM sind ein im Flußdiagramm von Fig. 5 veranschaulichtes Programm zur Steuerung der Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie sowie ein Programm zur Bestimmung der Zulassung der Koordinationssteuerung, gemäß dem auf der Basis des Ladezustands der Batterie 36 bestimmt wird, ob die Steuerung zur Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie auszuführen ist, gespeichert.

Ein Input-Abschnitt der Elektromotorsteuerung 42 ist mit einer Kodiereinrichtung 260 zum Erfassen der Drehzahl des Elektromotors 28, einer (nicht gezeigten) Gaspedalbetätigungsztandserfassungsvorrichtung zum Erfassen des Betätigungsztands des Gaspedals und dergleichen verbunden. Ein Output-Abschnitt der Elektromotorsteuerung 42 ist mit dem Stromrichter 40 verbunden. Der Stromrichter 40 wird so gesteuert, daß entweder eine dem Betätigungsztand des Gaspedals entsprechende Antriebskraft oder eine erforderliche regenerative Bremsenergie zur Verfügung gestellt wird. Was den Informationsaustausch zwischen der Elektromotorsteuerung 42 und der Bremsenergiesteuerung 46 angeht, die Bremsenergiesteuerung 46 versorgt die Elektromotorsteuerung 42 mit Informationen bezüglich der erforderlichen regenerativen Bremsenergie, Informationen bezüglich der Zulassung der Steuerung der regenerativen Bremsenergie und dergleichen. Die Elektromotorsteuerung 42 versorgt die Bremsenergiesteuerung 46 mit Informationen bezüglich der tatsächlich aufgebrachten regenerativen Bremsenergie.

In der vorstehend beschriebenen Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie des Fahrzeugs wird bei einer Betätigung des Bremspedals 76 auf die Räder 10, 12, 60, 62 eine Bremsenergie aufgebracht, die sich aus der Reibungsbremsenergie und/oder der regenerativen Bremsenergie zusammensetzt. Die Antriebsräder 10, 12 nehmen im besonderen wenigstens die regenerative Bremsenergie auf, wohingegen die nicht angetriebenen Räder 60, 62 nicht die regenerative Bremsenergie sondern nur die Reibungsbremsenergie aufnehmen. Gemäß dieser Erfundung führt die Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie des Fahrzeugs bei nicht betätigtem Bremspedal eine Steuerung in der Weise aus, daß wenigstens die regenerative Bremsenergie aufgebracht und eine zusätzliche Reibungsbremsenergienmenge auf Hydraulikdruckbasis hinzugefügt wird, um eine bestimmte Bremsenergiemenge zu erzielen, die auf der Basis der Fahrzeuggeschwindigkeit und des Betätigungsztands des (nicht gezeigten) Gaspedals bestimmt bzw. eingestellt wird. Diese Steuerung wird nachstehend ausführlich beschrieben.

Das Flußdiagramm von Fig. 5 veranschaulicht die durch die Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie des Fahrzeugs gemäß der ersten Ausführungsform ausgeführte Steuerung zur Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie. Im Schritt S1 wird bestimmt, ob eine Bedingung zum Beenden der Steuerung zur Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie erfüllt ist. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, wird mit dem Schritt S2 fortgefahren und die Steuerung fortgesetzt. Im Schritt S2 wird bestimmt, ob das Bremspedal 76 betätigt wird (der Bremsschalter eingeschaltet ist). Wenn der Bremsschalter ausgeschaltet ist, wird mit dem Schritt S3 fortgefahren, in dem ein Befehl ausgegeben wird, gemäß dem einem "Bremspedal AUS/Hydraulikdrucksteuerung"-Flag der ON-Status zugewiesen wird. Als Ergebnis werden die Schaltventile 90, 92 eingeschaltet und die Verbindung zwischen dem Hauptzylinder

68 und den Radzylinern 32, 34 unterbrochen. Anschließend wird im Schritt S4 die erforderliche Bremsenergie, d. h. die aufgrund der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit erforderliche Bremsenergiemenge, berechnet und auf der Basis eines vorgegebenen Werts eingestellt.

Im Schritt S8 wird dann bestimmt, ob die Fahrzeuggeschwindigkeit kleiner ist als eine eingestellte Geschwindigkeit. Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht kleiner ist als die eingestellte Geschwindigkeit, was bedeutet, daß die Drehzahl des Elektromotors 28 nicht kleiner ist als eine eingestellte Drehzahl, ist es möglich, regenerative Bremsenergie zu nutzen. Daher wird mit dem Schritt S9 fortgefahren, in dem die mögliche regenerative Bremsenergie berechnet wird. Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit dagegen kleiner ist als die eingestellte Geschwindigkeit, wird mit dem Schritt S10 fortgefahren, in dem die regenerierbare Bremsenergiemenge auf 0 gesetzt wird. Der Grund dafür ist, daß, wenn die Drehzahl des Elektromotors 28 kleiner ist als die eingestellte Drehzahl, dies eine sehr kleine aufnehmbare regenerative Bremsenergiemenge oder eine starke Schwankung zur Folge hat, so daß eine geeignete Steuerung der regenerativen Bremsenergiemenge nicht möglich ist.

Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht kleiner ist als die eingestellte Geschwindigkeit, wird mit dem Schritt S9 fortgefahren, in dem die mögliche regenerative Bremsenergie berechnet wird. Die mögliche regenerative Bremsenergie entspricht dem auf der Kapazität des Elektromotors 28 basierenden oberen Grenzwert der regenerativen Bremsenergie und hängt zudem vom Ladezustand der Batterie 36 ab. Nach der Berechnung der möglichen regenerativen Bremsenergie wird mit dem Schritt S11 fortgefahren. Im Schritt S11 wird auf der Basis der im Schritt S4 eingestellten erforderlichen Bremsenergie die erforderliche regenerative Bremsenergie berechnet. Wenn sich die Batterie 36 in einem vollständig oder in einem nahezu vollständig geladenen Zustand befindet, kann die der Kapazität des Elektromotors 28 entsprechende regenerative Bremsenergiemenge nicht aufgenommen werden; vielmehr ist die aufnehmbare regenerative Bremsenergie durch die Kapazität der Batterie 36 beschränkt. Daher wird der erzielbare Wert in Bezug auf die regenerative Bremsenergie auf der Basis des erfaßten Ladezustands der Batterie 36 bestimmt, wobei auf ein Verzeichnis in Bezug auf eine Beschränkung des regenerativen Bremsbetriebs Bezug genommen wird. Wenn die im Schritt S4 eingestellte erforderliche Bremsenergie kleiner ist als die mögliche regenerative Bremsenergie, besteht keine Notwendigkeit, die mögliche regenerative Bremsenergiemenge vollständig aufzunehmen. Daher wird der erforderlichen regenerativen Bremsenergie der kleinere Wert aus der erforderlichen Fahrzeuggbremsenergie und der möglichen regenerativen Bremsenergie zugewiesen, wie es im Schritt S11 angegeben ist. Dies wird der Elektromotorsteuerung 42 mitgeteilt.

Nach der Berechnung der erforderlichen regenerativen Bremsenergie wird mit dem Schritt S12 fortgefahren, in dem die erforderliche regenerative Bremsenergie eingestellt wird. Anschließend wird im Schritt S13 die Reibungsbremsenergie berechnet. Die Reibungsbremsenergien wird ermittelt, indem die im Schritt S12 eingestellte erforderliche regenerative Bremsenergie von der erforderlichen Fahrzeuggbremsenergie subtrahiert wird. Wenn die berechnete Reibungsbremsenergien jedoch ein negativer Wert ist, d. h. wenn die erforderliche regenerative Bremsenergie größer ist als die erforderliche Bremsenergie, ist reicht die regenerative Bremsenergie durch den Elektromotor 28 für den Bremsbetrieb aus, so daß Reibungsbremsenergien auf Hydraulikdruckbasis nicht eingesetzt werden muß. Wenn die berechnete Reibungsbremsenergien einen negativen Wert hat, wird

der erforderlichen Reibungsbremsenergie der Wert 0 zugewiesen.

Nach der Einstellung der erforderlichen regenerativen Bremsenergie und der erforderlichen Reibungsbremsenergie auf diese Weise, werden die Hauptlinearventileinheit 56 und die Linearventileinheit 54 gesteuert. Im Schritt S14 wird bestimmt, ob das "Bremspedal AUS/Hydraulikdrucksteuerung"-Flag den ON-Status aufweist. Da dem Flag im Schritt S3 der ON-Status zugewiesen worden ist, wird im Anschluß an den Schritt S14 mit Schritt S15 fortgefahren. Im Schritt S15 wird die Linearventileinheit 54 gesteuert. D.h., daß an das Druckaufbaulinearventil 150a und das Druckabbaulinearventil 152a, die in Fig. 4A gezeigt sind, eine der erforderlichen Reibungsbremsenergie entsprechende Spannung angelegt wird, um einen Hydraulikdruck zu erzeugen, der der angelegten Spannung entspricht, wie es vorstehend beschrieben worden ist. Der Hydraulikdruck wird den hinteren Radzylinern 64, 66 und über das Schaltventil 108 den vorderen Radzylinern 32, 34 zugeführt, wodurch auf die Räder die Reibungsbremsenergie aufgebracht wird. Im Schritt S16 wird die Hauptlinearventileinheit 56 abgeschaltet. D.h., daß die Radzyliner den Hydraulikdruck nur über die Linearventileinheit 54 aufnehmen. Aus der vorstehenden Beschreibung geht hervor, daß, wenn das Bremspedal nicht betätigt wird, die Koordinationssteuerung, ausgeführt wird, die die regenerative Bremsenergie auf Basis des Elektromotors 28 mit der Reibungsbremsenergie auf Hydraulikdruckbasis kombiniert.

Wenn im Schritt S2 bestimmt wird, daß das Bremspedal betätigt wird, wird mit dem Schritt S5 fortgefahren, in dem dem "Bremspedal AUS/Hydraulikdrucksteuerung"-Flag der OFF-Status zugewiesen wird. Anschließend wird im Schritt S6 der Hydraulikdruck im Hauptzylinder 68 eingelesen. Im Schritt S7 wird auf der Basis des Hydraulikdrucks im Hauptzylinder 68 der Dringlichkeitsgrad der durch den Fahrer angeforderten Bremsenergie bestimmt und die erforderliche Fahrzeugbremsenergie berechnet. Dann wird mit dem Schritt S8 und den nachfolgenden Schritten fortgefahren, d. h. es wird derselbe Prozeß ausgeführt, wie wenn das Bremspedal nicht betätigt wird. Die Prozesse bis zur Steuerung der Hauptlinearventileinheit 56 oder der Linearventileinheit 54 sind dieselben, wie sie vorstehend beschrieben worden sind. Im Schritt S14 wird bestimmt, daß das "Bremspedal AUS/Hydraulikdrucksteuerung"-Flag den OFF-Status aufweist. Dann wird mit dem Schritt S17 fortgefahren.

In diesem Fall, d. h. wenn das "Bremspedal AUS/Hydraulikdrucksteuerung"-Flag den OFF-Status aufweist, wird im Schritt S17 das Hauptlinearventileinheit 56 gesteuert. An das Druckaufbaulinearventil 150b und das Druckabbaulinearventil 152b, die in Fig. 4B gezeigt sind, wird eine Spannung entsprechend der erforderlichen Reibungsbremsenergie angelegt, um einen entsprechenden Hydraulikdruck zu erzeugen. Der Hydraulikdruck wird an die hinteren Radzyliner 64, 66 und über das Schaltventil 108 an die vorderen Radzyliner 32, 34 angelegt, wodurch auf die Räder die Reibungsbremsenergie aufgebracht wird. Im Schritt S18 wird die Linearventileinheit 54 abgeschaltet. Wenn das Bremspedal 76 betätigt wird, wird die Koordinationssteuerung, die die regenerative Bremsenergie basierend auf dem Elektromotor 28 mit der Reibungsbremsenergie auf Hydraulikdruckbasis kombiniert, entsprechend dem Betätigungsgrad des Bremspedals 76 ausgeführt.

Wenn im Schritt S1 bestimmt wird, daß die Bedingung zum Beenden erfüllt ist, wird mit dem Schritt S19 fortgefahren, in dem das "Bremspedal AUS/Hydraulikdrucksteuerung"-Flag in den AUS-Status gesetzt wird. Anschließend wird im Schritt S20 der Hauptzylinder 68 mit den Radzylin-

dern 32, 34 in Verbindung gebracht. Die Koordinationssteuerung endet somit, und es erfolgt die Steuerung auf Hydraulikdruckbasis entsprechend der Betätigung des Bremspedals 76.

5 Die im Schritt S1 verwendete Bedingung zum Beenden besteht darin, daß in verschiedenen Vorrichtungen, wie z. B. den Solenoiden 210a, 210b, den Hydraulikdrucksensoren 122, 124, 132, und dergleichen Defekte auftreten oder an den Antriebswellen 24, 26 ein Antriebsmoment auftritt.
10 Wenn diese Bedingung zum Beenden erfüllt ist, erfolgt keine Koordinationssteuerung.

Fig. 7 zeigt ein Diagramm, das die Aufteilung der Bremsenergie auf die regenerative Bremsenergie und die Reibungsbremsenergie gemäß der Steuervorrichtung und dem Verfahren der ersten Ausführungsform zeigt. In dem Diagramm gibt die Abszissenachse den Ladezustand der Batterie 36 und die Ordinatenachse die Bremsenergie an. Wie es in dem Diagramm gezeigt ist, ändert sich der obere Grenzwert der regenerativen Bremsenergie entsprechend dem Ladezustand der Batterie 36. Die oberen Grenzwerte liegen auf einer Linie AB, die Null (den Punkt B), an dem die Batterie 36 vollständig geladen ist, und den Energiewert (den Punkt A), an dem die Batterie 36 am wenigsten geladen ist, verbindet. Wenn der Ladezustand der Batterie 36 auf einem niedrigen Niveau ist, wird daher der größte Anteil der erforderlichen Fahrzeugbremsenergie in Form von regenerativer Bremsenergie zur Verfügung gestellt. Wenn der Ladezustand der Batterie 36 sich dem vollständig geladenen Zustand nähert, nimmt der Anteil der regenerativen Bremsenergie an der erforderlichen Fahrzeugbremsenergie ab, wohingegen der Anteil der Reibungsbremsenergie zunimmt.

Bei der Berechnung der erforderlichen regenerativen Bremsenergie im Schritt S11 der Steuerung zur Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie wird der regenerativen Bremsenergie in einem Bereich, in dem die regenerative Bremsenergie nicht größer ist als die erforderliche Fahrzeugbremsenergie, der größtmögliche Wert zugewiesen. Die Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt; vielmehr ist es möglich, die Verwendung des durch den Elektromotor 28 erzielbaren maximalen Werts auszulassen. Ein derartig abgewandeltes Verfahren erhöht in vorteilhafterweise den Steuerungsfreiheitsgrad. Andererseits führt das in Fig. 5 gezeigte Steuerungsverfahren, in dem die durch den Elektromotor 28 erzielbare mögliche (maximale) regenerative Bremsenergie verwendet wird, zu einer maximalen Energiemenge, die durch den Elektromotor 28 regeneriert und in der Batterie 36 gespeichert wird, wodurch in vorteilhafter Weise eine Senkung des Energieverbrauchs des Fahrzeugs erzielt wird.

Sowohl die erste Ausführungsform als auch die vorstehend erwähnte Abwandlung stellen vorteilhafterweise ungetrennt des Ladezustands der Batterie 36 eine bestimmte Bremsenergiemenge zur Verfügung, ohne neben dem Elektromotor 28 einen zusätzlichen oder anderen Elektromotor zu benötigen. Des weiteren ergänzt das Steuerungsverfahren der Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie des Fahrzeugs gemäß der ersten Ausführungsform vorteilhafterweise die regenerative Bremsenergie mit Reibungsbremsenergie, wenn die erforderliche Bremsenergiemenge größer ist als der maximale Wert der durch den Elektromotor 28 erzielbaren regenerativen Bremsenergie. Des weiteren verwendet die erste Ausführungsform nicht nur die regenerative Bremsenergie sondern auch die Reibungsbremsenergie auf Hydraulikdruckbasis, so daß die erforderliche Bremsenergiemenge zuverlässig und unverzüglich zur Verfügung gestellt werden kann, ohne auf den oberen Grenzwert der durch den Elektromotor 28 erzielbaren regenerativen

Bremsenergie beschränkt zu sein.

Nachstehend erfolgt die Beschreibung einer Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Die zweite Ausführungsform nutzt zusätzlich den Brennkraftmaschinenbremseffekt. Die zweite Ausführungsform kann für ein Fahrzeug verwendet werden, das nur durch eine Brennkraftmaschine angetrieben wird, ein Hybridfahrzeug, das durch die Kombination aus einer Brennkraftmaschine und einem Elektromotor angetrieben wird, und dergleichen. Wie es in der schematischen Ansicht in Fig. 2 gezeigt ist, entsprechen verschiedene Bauteile und Vorrichtungen der Steuervorrichtung der zweiten Ausführungsform im wesentlichen denjenigen in der Steuervorrichtung der ersten Ausführungsform, die in Fig. 1 gezeigt ist.

Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform darin, daß eine Vorrichtung 52 zur Steuerung der Brennkraftmaschinenbremsenergie vorgesehen ist, die eine Brennkraftmaschine 50 steuert. Signale von der Vorrichtung 52 zur Steuerung der Brennkraftmaschinenbremsenergie werden der Bremsenergiesteuerung 46 übermittelt. Signale von der Bremsenergiesteuerung 46 werden der Vorrichtung 52 zur Steuerung der Brennkraftmaschinenbremsenergie übermittelt, um die Brennkraftmaschine 50 zu steuern. Der Aufbau der Vorrichtung 30 zur Steuerung der Reibungsbremsenergie als Bestandteil der Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs gemäß der zweiten Ausführungsform entspricht im wesentlichen dem der ersten Ausführungsform, die in Fig. 3 gezeigt ist, und wird daher nicht noch einmal erläutert. Das Steuerungsverfahren der Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs gemäß der zweiten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf das Flußdiagramm von Fig. 6 beschrieben.

Das Flußdiagramm von Fig. 6 zeigt die Steuerung zur Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie gemäß der zweiten Ausführungsform, wobei die Prozesse in vielen Schritten im wesentlichen jenen entsprechen, die in Fig. 5 gezeigt sind. Die Steuerung zur Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie gemäß der zweiten Ausführungsform unterscheidet sich von dem Steuerungsverfahren gemäß der ersten Ausführungsform nur darin, daß der Schritt S13 durch die Schritte S13-1 und S13-2 ersetzt ist. Die Schritte S13-1 und S13-2 werden nun erläutert. Nach der Einstellung der erforderlichen regenerativen Bremsenergie im Schritt S12 wird mit dem Schritt S13-1 fortgefahrt. Im Schritt S13-1 wird die erforderliche regenerativen Bremsenergie von der erforderlichen Bremsenergie subtrahiert. Das Ergebnis wird mit einer möglichen Brennkraftmaschinenbremsenergie verglichen und der kleinere Wert als die erforderliche Brennkraftmaschinenbremsenergie eingestellt. Wenn die erforderliche regenerative Bremsenergie größer ist als die erforderlichen Bremsenergie, wird das Ergebnis auf 0 gesetzt. Anschließend wird im Schritt S13-2 die erforderliche Reibungsbremsenergie berechnet. D.h., daß der Energiewert, der sich aus der Subtraktion der erforderlichen regenerativen Bremsenergie und der erforderlichen Brennkraftmaschinenbremsenergie von der erforderlichen Bremsenergie ergibt, als die erforderliche Reibungsbremsenergie eingestellt wird. Wenn die erforderliche Reibungsbremsenergie einen negativen Wert hat, wird die erforderliche Reibungsbremsenergie auf 0 gesetzt.

Die auf diese Weise bestimmten Werte werden als Befehle von der Bremsenergiesteuerung 46 an die Vorrichtung 14 zur Steuerung der regenerativen Bremsenergie, die Vorrichtung 52 zur Steuerung der Brennkraftmaschinenbremsenergie und die Vorrichtung 30 zur Steuerung der Reibungs-

bremsenergie ausgegeben, um die Linearventileinheit 54 und die Hauptlinearventileinheit 56 zu steuern.

Die in Fig. 6 gezeigte Koordinationssteuerung ist im Diagramm von Fig. 8 dargestellt, in dem die Abszissenachse den Ladezustand der Batterie 36 und die Ordinatenachse die Bremsenergie angibt. Wenn der Ladezustand der Batterie 36 auf einem niedrigen Niveau liegt, wird der größte Anteil der erforderlichen Bremsenergie als regenerative Bremsenergie zur Verfügung gestellt und die Brennkraftmaschinenbremsenergie ergänzend verwendet, um die erforderliche Bremsenergie zu erzielen. Wenn sich die Batterie 36 im vollständig geladenen Zustand oder in einem nahezu vollständig geladenen Zustand befindet, ist die unter Einsatz des Elektromotors 28 aufnehmbare regenerative Bremsenergiemenge klein, so daß die maximal mögliche Brennkraftmaschinenbremsenergiemenge eingesetzt wird und falls erforderlich zusätzlich Reibungsbremsenergie auf Hydraulikdruckbasis verwendet wird, um die erforderliche Bremsenergie zu erzielen.

Das Steuerungsverfahren gemäß der zweiten Ausführungsform nutzt somit vollständig die durch den Elektromotor 28 erzielte regenerative Bremsenergie. Wenn die Menge an regenerativer Bremsenergie nicht ausreicht, wird die Brennkraftmaschinenbremsenergie vollständig genutzt und, falls erforderlich, Reibungsbremsenergie basierend auf dem Hydraulikdruck als Ergänzung verwendet. Daher ermöglicht die zweite Ausführungsform wie die erste Ausführungsform die Speicherung der maximalen elektrischen Energiemenge in der Batterie 36 unter Einsatz des Elektromotors 28 und daher eine Verminderung des Energieverbrauchs des Fahrzeugs. Des Weiteren ermöglicht die zweite Ausführungsform eine Minimierung der Verwendung der Reibungsbremsenergie und daher den Abrieb und Verschleiß der Reibbauteile der Bremsvorrichtung (nicht gezeigt).

Obwohl gemäß der zweiten Ausführungsform die regenerative Bremsenergie, die Brennkraftmaschinenbremsenergie und die Reibungsbremsenergie vorrangig in dieser Reihenfolge eingesetzt werden, um den Bremsenergiebedarf zu decken, ist diese Verteilungsreihenfolge nicht zwingend. Wenn die vorrangige Bremsenergieverteilungsreihenfolge weggelassen wird, ergibt sich ein höherer Freiheitsgrad in Bezug auf die Steuerung. Diese Ausführungsform ermöglicht ungeachtet des Ladezustands der Batterie 36 die Erzielung einer bestimmten Bremsenergie, ohne auf den oberen Grenzwert der durch den Elektromotor 28 erzielbaren regenerativen Bremsenergie beschränkt zu sein.

Des Weiteren können Linearventileinheiten 54 oder Hauptlinearventileinheiten 56 jeweils für die vorderen Radzylinder und die hinteren Radzylinder separat zur Verfügung gestellt und separat gesteuert werden.

Obwohl die vorliegende Erfindung an den bevorzugten Ausführungsformen beschrieben worden ist, wird darauf hingewiesen, daß die Erfindung nicht nur auf die beschriebenen Ausführungsformen und Abwandlungen beschränkt ist. Vielmehr soll die Erfindung verschiedene Modifikationen und äquivalente Ausführungsformen im Rahmen der Patentansprüche abdecken.

Die Erfindung betrifft somit eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs, das mit einem Elektromotor ausgestattet ist, wobei bei nicht betätigtem Bremspedal eine bestimmte Bremsenergiemenge ungeachtet des Ladezustands einer Batterie erzielt werden kann. Antriebsräder werden durch die Antriebskraft einer Brennkraftmaschine und des Elektromotors angetrieben. Eine Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie steuert eine Vorrichtung zur Steuerung der regenerativen Bremsenergie, die den Elektromotor steuert, sowie eine Vorrich-

tung zur Steuerung der Reibungsbremsenergie, die den an die Radzylinder angelegten Hydraulikdruck steuert, und steuert dadurch die Bremsenergie bei betätigtem oder nicht betätigtem Bremspedal. Die Steuerung zur Koordination der regenerativen Bremsenergie und der Reibungsbremsenergie erfolgt nicht nur bei betätigtem sondern auch bei nicht betätigtem Bremspedal. Dabei wird der Hydraulikdruck in den Radzylindern und dergleichen durch eine Linearventileinheit und eine Hauptlinearventileinheit in der Weise erhöht oder vermindert, daß die Reibungsbremsenergie zusammen mit der regenerativen Bremsenergie für den Bremsbetrieb genutzt wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs mit wenigstens einem Rad (10, 12), einem Elektromotor (28), einer Bremse (32, 34) und einem in einen nicht betätigten Zustand bringbaren Bremspedal (76), gekennzeichnet durch

eine Vorrichtung (14) zur Steuerung der durch den Elektromotor (28) auf das Rad (10, 12) des Fahrzeugs aufbringbaren regenerativen Bremsenergie, und
eine Vorrichtung (30) zur Steuerung der durch die Bremse (32, 34) erzielbaren Reibungsbremsenergie in der Weise, daß bei nicht betätigtem Bremspedal (76) die Reibungsbremsenergie zusätzlich zur regenerativen Bremsenergie aufgebracht werden kann.
2. Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch

eine Vorrichtung (52) zur Steuerung der durch eine Brennkraftmaschine (50) erzielbaren Brennkraftmaschinenbremsenergie, wobei bei nicht betätigtem Bremspedal zusätzlich zur regenerativen Bremsenergie die Reibungsbremsenergie und/oder die Brennkraftmaschinenbremsenergie aufgebracht werden kann.
3. Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (30) zur Steuerung der Reibungsbremsenergie wenigstens eine Linearventileinheit (54, 56) aufweist, die nur bei nicht betätigtem Bremspedal (76) arbeitet und einen Hydraulikdruck in Abhängigkeit von der angelegten Spannung steuert.
4. Vorrichtung zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Linearventileinheit für ein Hinterrad des Fahrzeugs und eine weitere Linearventileinheit für ein Vorderrad (10, 12) des Fahrzeugs vorgesehen sind.
5. Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
Steuern der durch einen Elektromotor (28) auf ein Rad (10, 12) des Fahrzeugs aufbringbaren regenerativen Bremsenergie, und
Steuern einer durch eine Bremse (32, 34) erzielbaren Reibungsbremsenergie, und
Aufbringen der Reibungsbremsenergie zusätzlich zur regenerativen Bremsenergie, wenn ein Bremspedal (76) nicht betätigkt wird.
6. Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch die weiteren Schritte:
Einstellen einer bestimmten Bremsenergie, und
Ergänzen der regenerativen Bremsenergie mit der Reibungsbremsenergie, um die bestimmte Bremsenergie zu erzielen, bei nicht betätigtem Bremspedal (76).
7. Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines

Fahrzeugs nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die bei nicht betätigtem Bremspedal (76) aufgebrachte regenerative Energie die maximale regenerative Energiemenge ist.

8. Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

Steuern einer durch einen Elektromotor (28) auf ein Rad (10, 12) des Fahrzeugs aufbringbaren regenerativen Bremsenergie,

Steuern der durch eine Brennkraftmaschine (50) erzielbaren Brennkraftmaschinenbremsenergie,

Steuern der durch eine Bremse (32, 34) erzielbaren Reibungsbremsenergie, und

Aufbringen der Reibungsbremsenergie und/oder der Brennkraftmaschinenbremsenergie zusätzlich zur regenerativen Bremsenergie, wenn ein Bremspedal (76) nicht betätigkt wird.

9. Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch die weiteren Schritte:

Einstellen einer bestimmten Bremsenergie, und
Ergänzen der regenerativen Bremsenergie mit der Reibungsbremsenergie und/oder der Brennkraftmaschinenbremsenergie, um die bestimmte Bremsenergie zu erzielen, bei nicht betätigtem Bremspedal (76).

10. Verfahren zur Steuerung der Bremsenergie eines Fahrzeugs nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die bei nicht betätigtem Bremspedal (76) aufgebrachte regenerative Energie die maximale regenerative Energiemenge ist.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

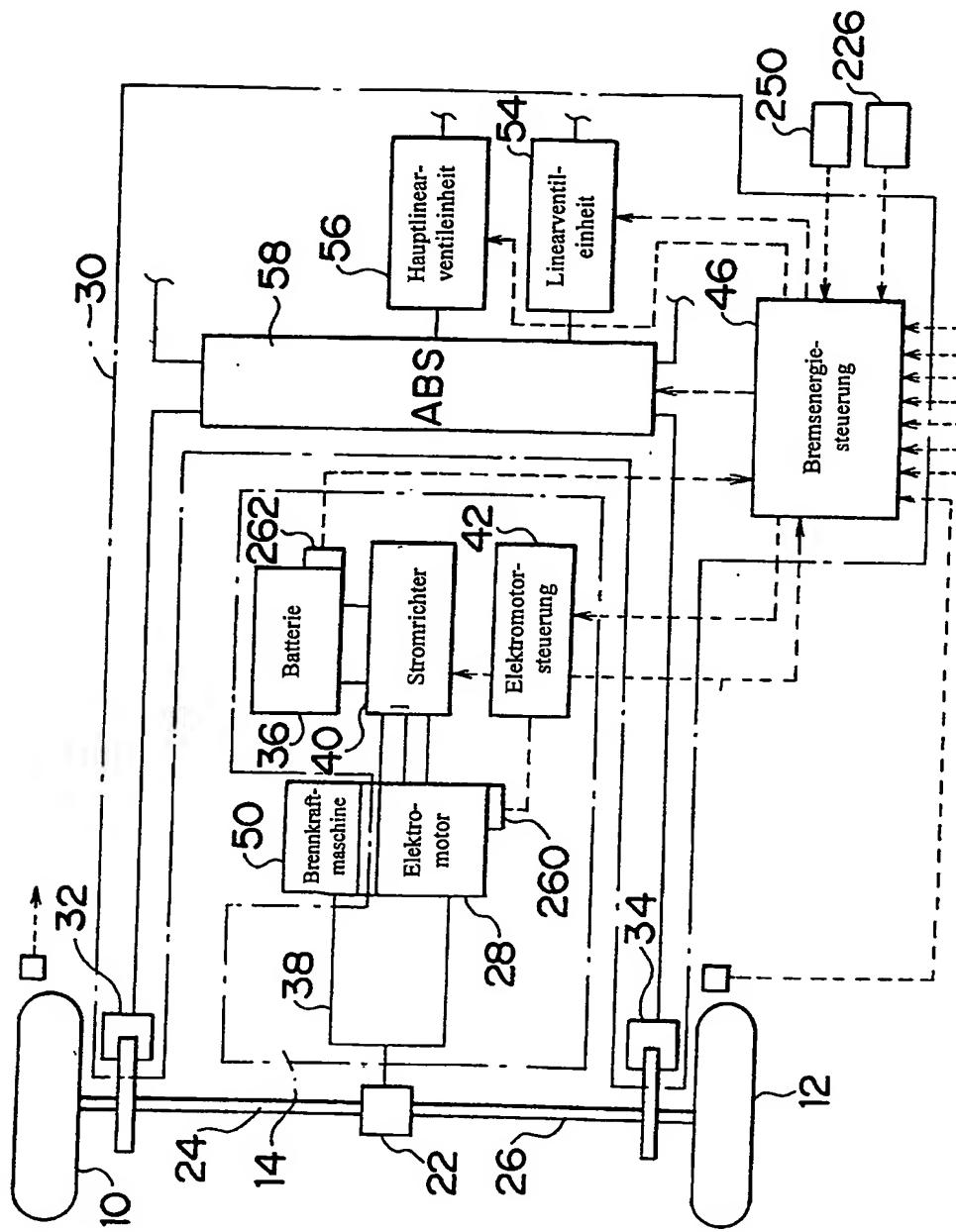


FIG. 2

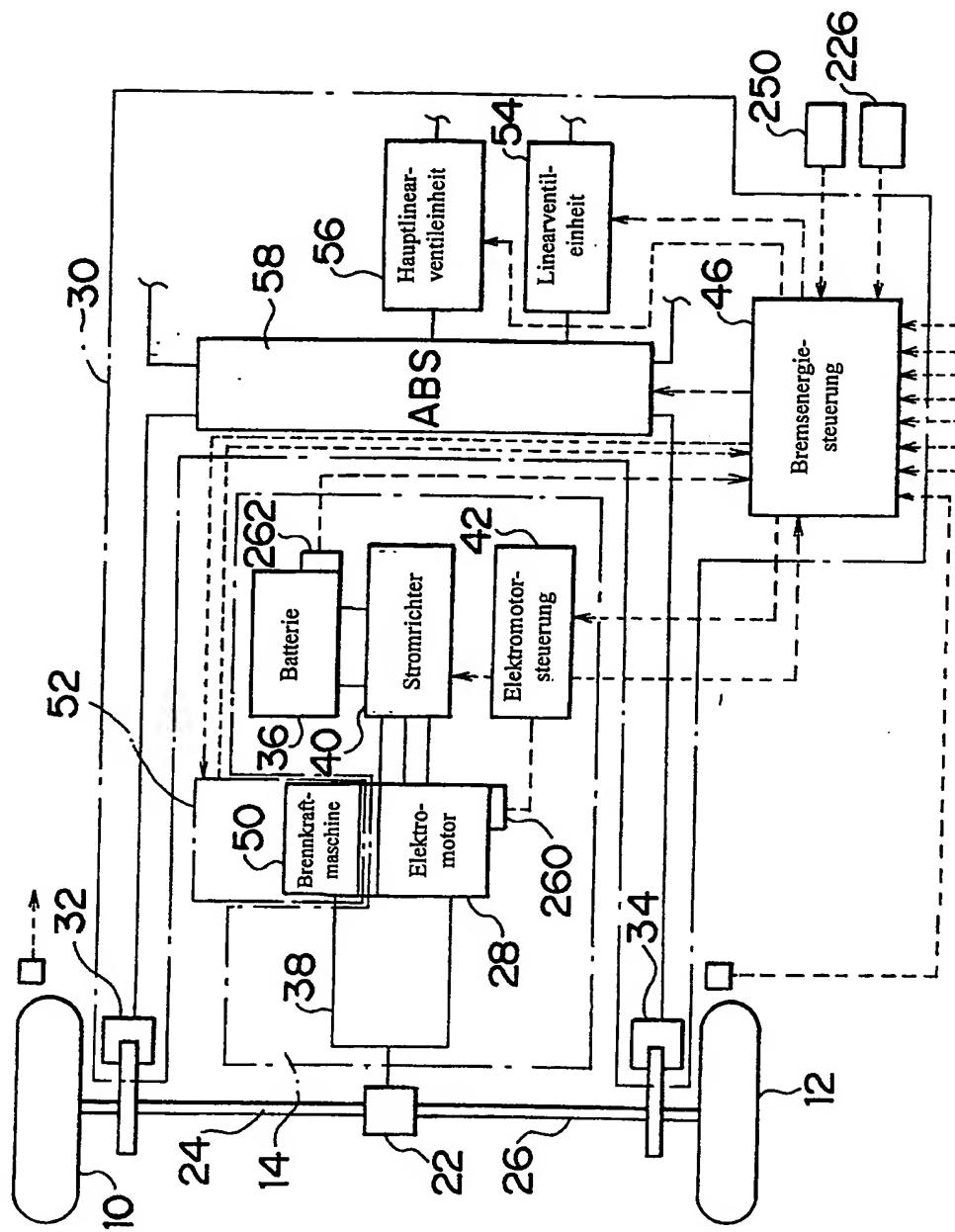


FIG. 3

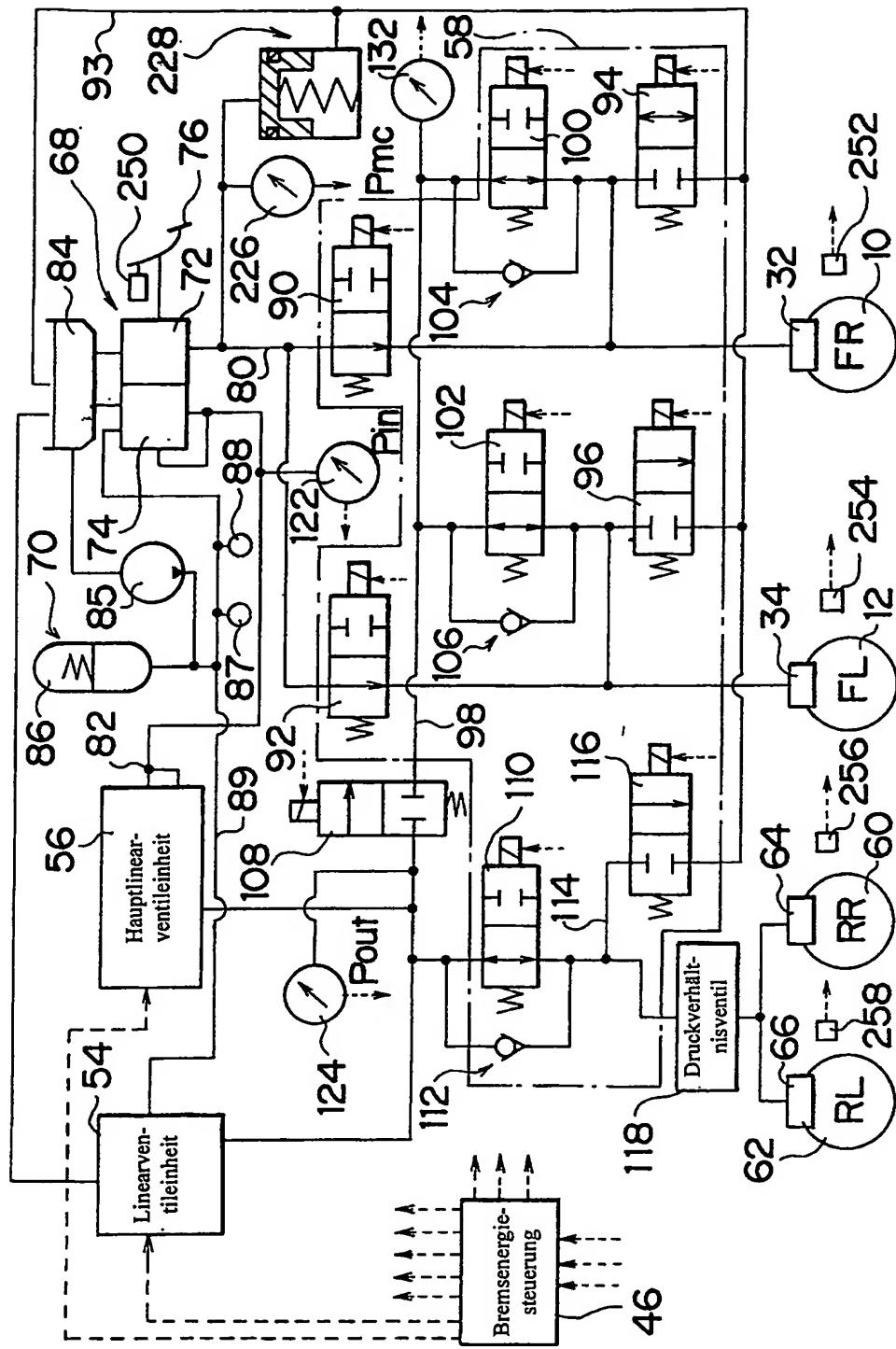


FIG. 4A

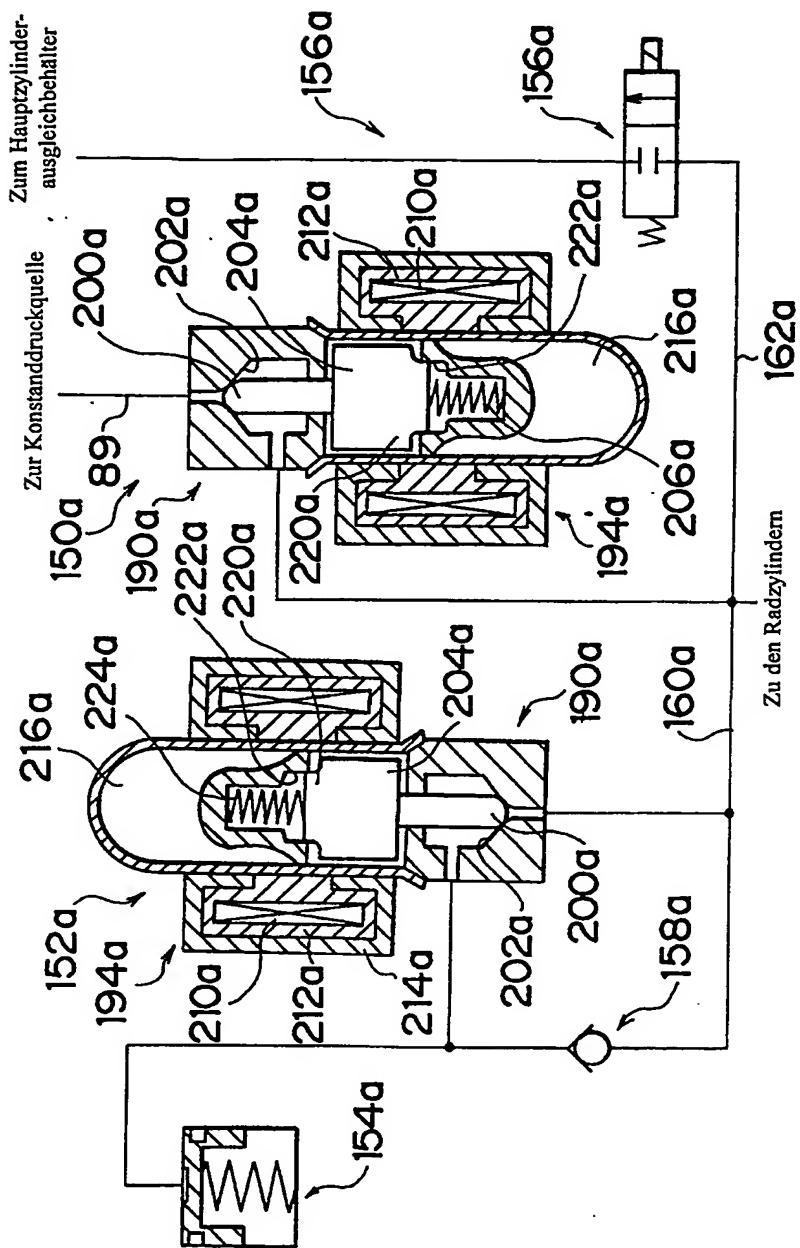


FIG. 4B

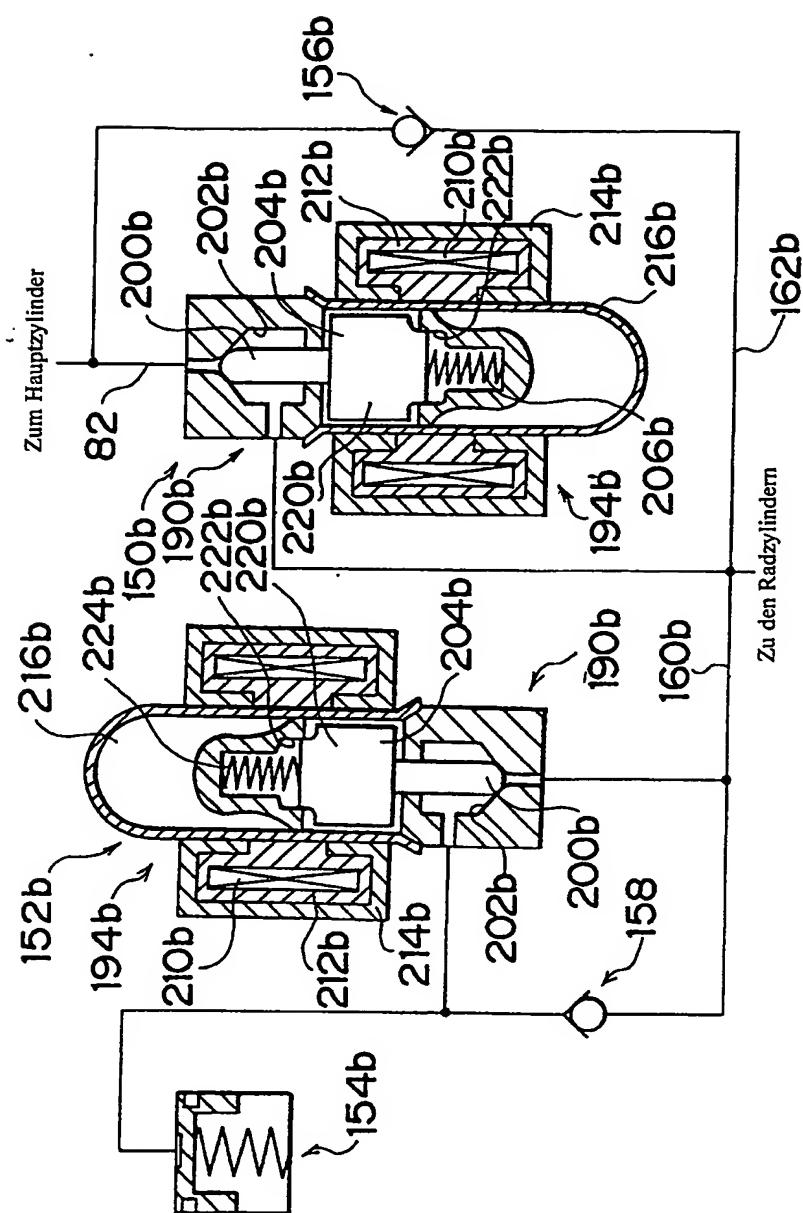


FIG. 5

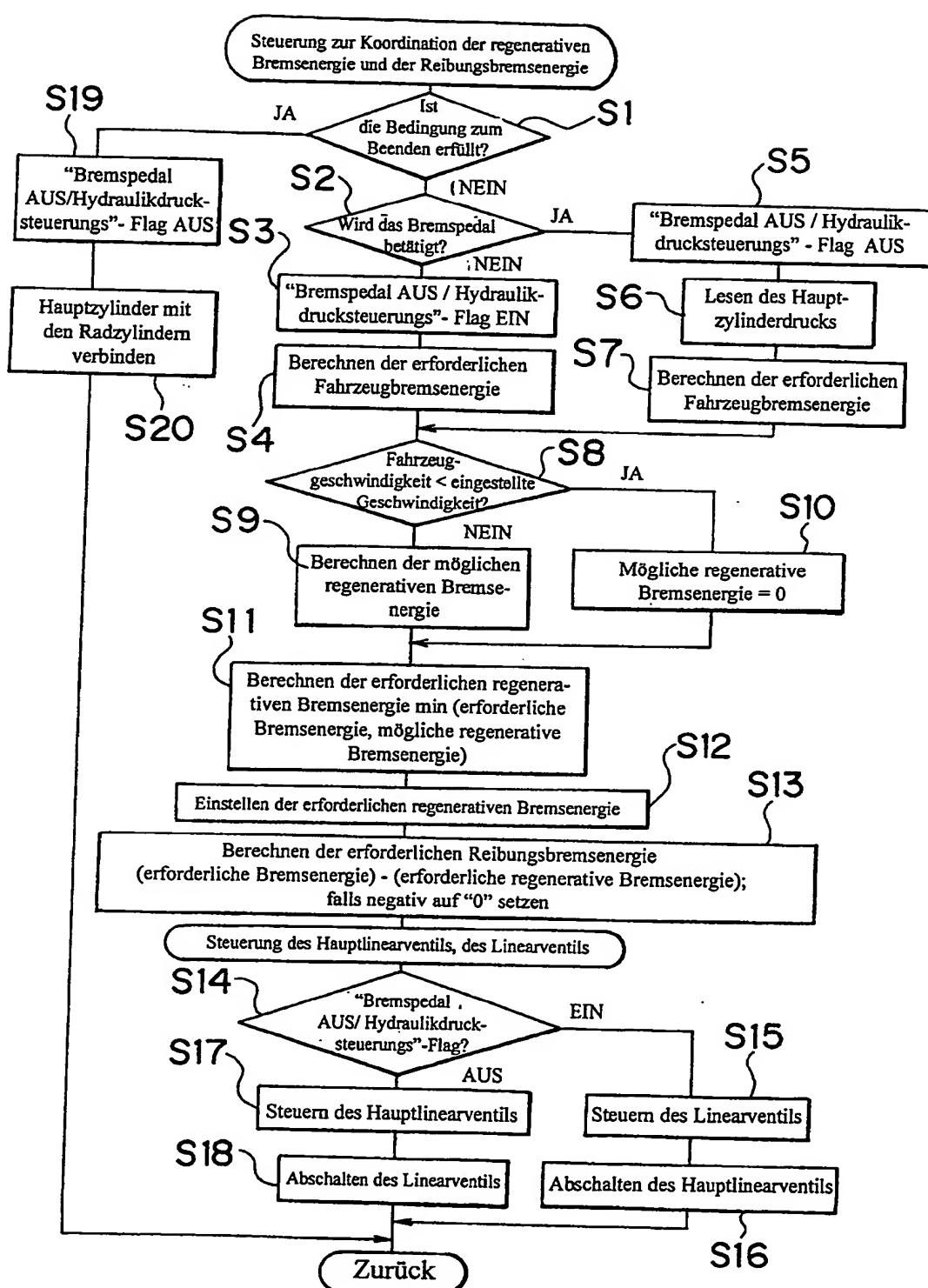


FIG. 6

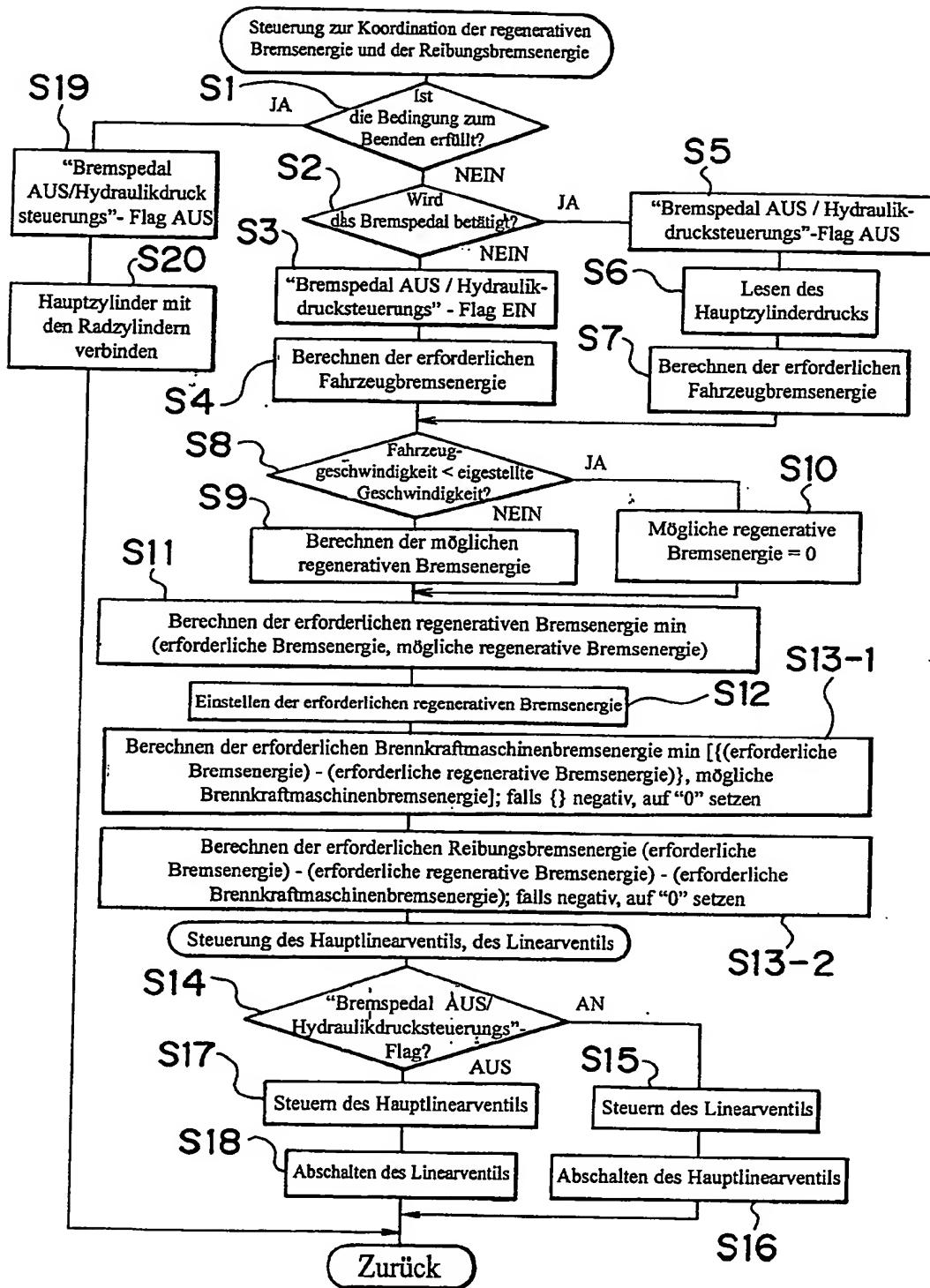


FIG. 7

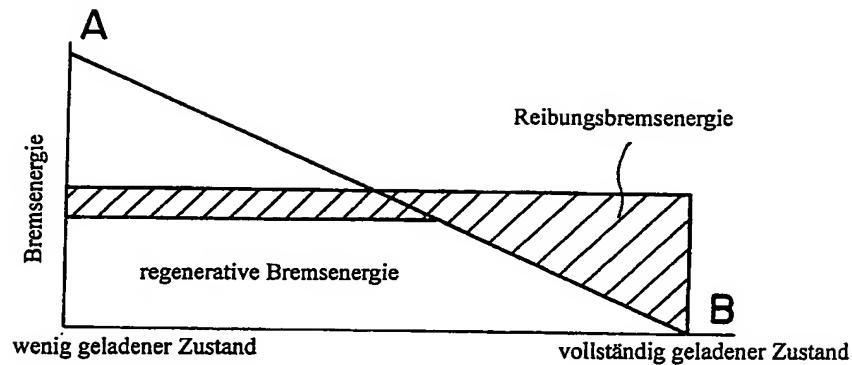
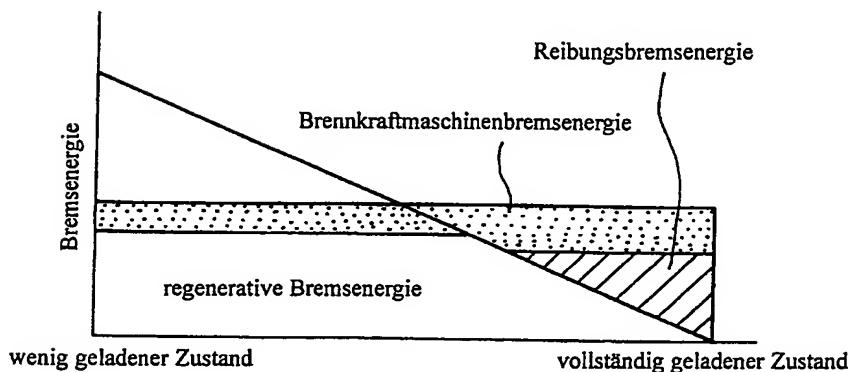


FIG. 8



F I G. 9
RELATED ART